第３章

土壌診断方法

第３章　土壌診断方法

１　土壌診断の必要性

（１）土壌診断のねらい

土壌が持つ作物生産力は数年単位で変化するため、定期的に土壌診断を行うことが望ましい。近年、野菜や施設園芸ほ場では養分の富化傾向が進んでいることや、水田など土地利用型作物を栽培するほ場では酸性化や地力の低下が進み問題視されてきている。そのため、化学性を中心とした定期的な土壌診断を行うことが、過剰施肥による土壌養分の集積やアンバランスを改善するために重要である。また、機械導入によるほ場のち密化や排水不良等の湿害対策として、緊急的に物理性等の診断を要することもある。

すなわち、対象とする産地に対して、予防的あるいは対策的に土壌診断を行うことは産地の維持・発展につながるので、普及指導センターは産地の全体像を把握し、適切な診断・処方箋作成をもとにアドバイスできることが望まれる。

（２）土壌診断の手順

土壌診断は次のような手順で行う。

１）既存のデータや土壌特性の把握
２）生育状況の観察、栽培歴、管理方法等の聞き取り
３）診断内容の検討（調査点数・診断項目・土壌層位）
４）サンプルの採取、分析・調査
５）処方箋の作成、結果のとりまとめ
６）効果の確認

（３）主な土壌診断項目

１）物理性

主な診断項目として、作土の厚さ、有効土層、三相分布、土壌の硬さ（ち密度)、仮比重、粗孔隙、保水性、透水性、地下水位の高さなどがある。

２）化学性

主な診断項目として、土壌ｐＨ、電気伝導度（ＥＣ)、腐植、陽イオン交換容量（ＣＥＣ)、交換性塩基含量と飽和度、塩基バランス、可給態リン酸、可給態ケイ酸などがある。

３）生物性

生物性については、普及指導員が診断可能な項目は少ない。しかし、近年生物性を評価できる手法の開発が進んでおり、今後、現場への普及が期待される。

４）土壌診断結果の活用

土壌化学性の調査結果については、岡山県土壌施肥管理システムを活用して処方箋を作成する。物理性の調査を行った場合には、断面調査結果や物理性の測定結果を総合的に検討して土壌改善対策を立てる。

２　土壌診断や土壌分析に用いる単位

（１）土壌診断や物理性の測定で用いる単位

１）土壌ち密度（硬度）

ア．山中式土壌硬度計：指標硬度目盛りの値（単位は mm、０～40 の値をとる）

イ．貫入式土壌硬度計：単位として Pa を用いる（以前は kg/cm^2）

換算式：１Pa＝1.01972×10^{-3} kg/cm^2

２）土壌の含水量（水分含量）の表し方

ア．含水率：湿土重量に対する水分量の百分率（％）

含水率＝（湿土重量－乾土重量）／湿土重量×100

イ．体積水分率：土壌の全体積に対する水分の占める体積の百分率（％）

水分率＝水分の占める体積／土壌の全体積×100

＝（湿潤土ｇ－乾燥土ｇ）／土壌の体積×100

ウ．含水比：乾土重量に対する水分量の百分率（％）

含水比＝（湿土重量－乾土重量）／乾土重量×100

３）土壌の三相

ア．三相分布：ｐＦ1.5 の水分状態における気相、液相、固相の容積比率（％）。

イ．現地三相分布：現地における自然状態の三相分布（％）。

ウ．仮比重：単位容積当たりの土壌の固相重量、乾土１ml 当たりのｇ数で示す（単位なし）

４）透水性

ア．飽和透水係数の単位として cm/s を用いる（例：3.3×10^{-4} cm/s）

イ．測定値の多くは 10^{-4}～10^{-6} cm のオーダーで、この値で透水性の良否を判断する。

（２）化学性の測定で用いる単位

１）化学性に係る分析値の単位

土壌診断の場面では乾土 100g 当たりの mg を用いる。この単位を用いることで、面積当たりに投入する肥料や資材量の計算が容易となる。仮比重１の場合、10ａ当たり深さ 10cm の土壌重量は乾土で 100ｔであり、分析値（mg/100g 乾土）を面積当たりの成分量（kg/10ａ）に読み替えることができる。

① 10ａのほ場を 15cm の深さまでリン酸含量を改良しようとする。

② リン酸の改良目標が 15mg/100g、診断結果が７mg/100g の場合に次式による。

(15 mg-７mg)×15cm/10 cm＝12kg/10ａと計算される。

２）酸化物表示とミリグラム当量表示との読み替え

塩基成分の陽イオン交換容量（ＣＥＣ）に対する飽和度を求めるためには換算が必要である。その返還式を以下に示す。

Ca meq/100g ＝ CaO mg/100g/28.04

Mg meq/100g ＝ MgO mg/100g/20.15

K meq/100g ＝ K_2O mg/100g/47.10

Na meq/100g ＝ Na_2O mg/100g/30.99

3　土壌分析を安全に行うための注意事項

（1）基本的注意事項

1）準備

実験台の整理、整頓、使用する装置や薬品の点検はもちろんであるが、身支度も実験に応じた準備が必要である。火気を使用する場合は、引火時に融着するナイロン、テトロンなどを避け、軽快に動作できることが必要である。また、必要に応じて保護メガネや手袋、防護マスクを着用する。

2）事故発生時の対策

止めるべき元栓やスイッチ、消火器の位置とその操作法を確認する。避難経路の確認と整頓、救急法と連絡法を確認する。

3）指導者の指示と余裕を持った計画

初めての操作や機器の使用に際しては指導者の指示に従う。夜間単独での診断は避ける。無理なスケジュールは事故のもとであり、余裕を持った計画をたてる。

4）危険度の想定

事故は予知できないが、危険度は予知できる。試薬の混合や試料に試薬を添加する際の反応（発熱反応、有毒ガスの発生など）を想定して危険度を予知する。土壌診断に用いる試薬は混合試薬が多いので、その組成を知るとともに指示どおりの操作を行う。

5）後始末

後始末も重要な診断の過程である。実験台の整頓、試薬の保管はもちろんのこと、装置の事後処理は操作手順に基づいて必ず行う。止めるべき元栓やスイッチ、火気の確認、施錠等を必ず行う。また、廃液や廃棄物質の処理は定められた手順により行う。

（2）土壌分析作業を安全に行なうための注意事項

土壌分析等で使用する試薬には、火災、爆発、中毒の恐れのある危険なものがあり、主なものは消防法、高圧ガス取締法、毒物及び劇物取締法で規制されている。これらの法令は土壌診断など実験室での使用を対象として定められたものではないが貯蔵や取扱には規制を受けるので関係法令は承知しておかねばならない。

表３－３－１　危険な物質と法令との関係

危険な物質	発火物質	強酸化性物質　第１類	消防法
		強酸性物質　第６類	
		低温着火性物質　第２類	
		自然発火性物質	
		禁水性物質　第３類	
	引火性物質	引火性物質　第４類	
	爆発性物質	分解爆発性物質　第５類	
		火薬類	火薬類取締法
		可燃性ガス	高圧ガス取締法
		毒性ガス	
	有毒性物質	毒物	毒物及び劇物取締法
		劇物	水質汚濁防止法

（３）応急処置法

不幸にして人身事故が発生した時に、実験室内で直ちに行うべき応急処置の概略を述べる。詳細は「実験を安全に行うために」（化学同人編集部編、化学同人発行）などの成書を参考にする。軽微な事故を除いて、救急車の出動を要請するとともに専門医と直ちに連絡をとり、症状、原因（薬品の場合は種類と量)、発生時刻などを告げ、指示を仰いで応急処置を施す。

１）薬品による中毒

ア．一般的応急処置

（ア）飲み込んだ場合

・事故者がけいれんを起こしたり意識不明の場合、呼吸を維持する以外は、手を下してはいけない。その他の場合には次の処置をとる。

・胃の中を空にするために、咽頭または舌の裏を指かスプーンの柄でこすって吐かせる。吐かせてから、ソルビトール水溶液 150ml に 30ｇの活性炭を加え、それを少しずつ飲ませる。

（イ）吸入した場合

・事故者を直ちに新鮮な空気のところに移し、衣服をゆるめる。

・呼吸機能が低下している場合は、人工呼吸を行う。

（ウ）皮膚に付着した場合

・シャワーなどの水で、皮膚を濡らす。

・衣服を脱がせながら、皮膚に水をかける。

・化学解毒剤は用いてはならない。

（エ）目に入った場合

・まぶたをひろげながら、流水で５分間以上洗う。

・化学解毒剤は用いてはならない。

イ．強酸

（ア）飲み込んだ場合

・腐食性が強いものは、吐かせてはならない。

・酸化マグネシウムを懸濁させた 200ml の乳濁液、水酸化アルミニウムのゲルまたは牛乳とか水を飲ませて直ちに希釈する。緩和剤として少なくとも 12 個のとき卵を与える。

・炭酸ナトリウムとか炭酸水素ナトリウムは炭酸ガスが発生するので与えない。

（イ）皮膚に付着した場合

・15 分間大量の水で洗う。十分水洗した後、炭酸水素ナトリウムの希薄水溶液のような希アルカリや石けん液で洗浄する。

・ただし、シュウ酸の場合は、アルカリにより強い刺激物が生ずるので使用しない。マグネシウムとカルシウム塩は使用してもよい。

（ウ）目に入った場合

・まぶたをひろげて、15 分間以上流水で洗う（pHが 7.0 になるまで)。

ウ．強アルカリ

（ア）飲み込んだ場合

・腐食性が強いものは、吐かせてはならない。

・すみやかに、500ml の希薄食酢（食酢１部＋水４部)、オレンジジュース、水、ミルクなどで希釈する。

（イ）皮膚に付着した場合

・直ちに脱衣し、皮膚がヌルヌルしなくなるまで、できるだけすみやかに流水で洗浄する。次に、水で希釈した酢、レモンジュースなどで中和する。生石灰の場合は油などで生石灰をまず除去する。

（ウ）目に入った場合

・まぶたをひろげて、30 分間以上流水で洗う。さらに、pHが 7.0 になるまで流水で洗う。

エ．アンモニアガス

・直ちに新鮮な空気のところに移し、酸素吸入を行う。

・目に入った場合は、寝かせて少なくとも５分間角膜を水洗し、あとで酢酸かホウ酸の希釈液で洗う。

オ．硝酸銀

・茶さじ３～４杯の食塩をコップ１杯の水に溶かして飲ませ、その後、吐剤を与えるか、胃洗浄するか牛乳を与える。

２）やけど

やけどは種々の原因で起こるが、処置の原則は同じである。

応急処置として、冷却することが最も大切である。受傷後、その場で直ちに冷却する。衣服が燃えている時は、水をかけて消す。水道水で受傷部を洗い流す。次で、傷つけないように衣服をゆっくりと切り取るか、脱がす。最低 30 分から２時間ぐらいまで冷却を続ける。水温は 10～15℃が最適でそれ以下は望ましくない。

洗い流すことが困難な部位では水道水でしめらせた２～３枚のタオルで氷片をくるみ、これを受傷部に当てる。たえず移動させ、同一部が冷えすぎないよう注意する。

口腔内に痛みがあるときは、氷をしゃぶらせる。

小範囲のやけどでも短時間の冷却では効果がなく、長時間冷却しなければならない。

４　器具の洗浄

（１）共通事項

使用済みの器具中の酸やアルカリ廃液、試料残さは所定の容器に移す。次に、少量の水でこれらをすすぎ、すすいだ水は同様に所定の容器に入れる。容器は直ちに水を張ったバケツなどに入れる。この時、器具を完全に水没させ、乾かないようにする。汚れが器具に付着したまま乾くと落ちにくくなるためである。流水ですすぐ時、可能であれば温水を用いる。温水の方が冷水より洗浄効率が良いためである。

器具の洗浄に際しては薄手のビニル手袋を使用することが望ましい。洗剤による手の荒れを防ぐとともに残存した薬品が皮膚に直接触れることを防ぐためである。

（２）漬けおき洗い

容量器（化学用体積計）の体積を量る面はこすり洗いをしてはならない。すなわち、全量フラスコ（メスフラスコ)、全量ピペット（ホールピペット)、メスピペット、メスシリンダー、プラスチック製のピペットチップは使用後、廃液を所定の容器にこれを移し、すすいだ水も同様に所定の容器に入れる。流水でよくすすいだ後、外壁はこすり洗いしてもよいが、内壁が汚れている場合は漬けおき用洗剤に漬けておく。

いずれも汚れが取れにくい時は洗剤に漬けたまま超音波洗浄器にかける。

（３）こすり洗い

三角フラスコやビーカーのようにブラシやスポンジでこすり洗いできるものは洗剤を混ぜた研磨剤を用いるとよい。この時、ビーカーであれば外面から洗う。

土壌の振とう抽出などに用いたポリ容器などはネジの凹凸部分には汚れが残りやすいので注意する。歯ブラシのようなものでこすり洗いするとよい。

メスフラスコなど細口のガラス容器で汚れが取れにくい場合は、粒子が１mm 程度の砂と少量の水を入れて振り混ぜるとよい。

（４）すすぎ

洗剤などを用いて汚れを落とした後、流水で十分にすすぐ。さらに分析に使用するものと同純度の脱塩水もしくは蒸留水を用いて３回以上すすぐ。この時も器具の使わない面からすすぎ始め次に使用する面の順で繰り返す。ガラス器具で表面が‘水をはじく’ようであれば汚れが残っているので洗浄をやり直す。

（５）酸洗浄

重金属など微量成分の分析に使用する場合は、洗浄済みの器具を希塩酸（塩酸１容＋水 10 容程度）に漬けた後、多量の流水ですすぎ、さらに、高純度の水で５回以上すすぐ。

器具を希塩酸液から取り出す時に金属製の器具を使用してはならない。プラスチック製の大型ピンセット等を用いる。また、この洗浄はビニル手袋などを着用し、素手で行ってはならない。さらに、器具の乾燥に当たっても金属と接触させてはならない。

５　機器の取り扱いと管理

（１）分析に使用する水

イオン交換水（脱塩水）を使用する。市販の脱塩水製造装置を用いて精製し、電気伝導度が 0.001ｄＳ／ｍ（25℃）以下のもの用いる。脱塩水をタンクに貯留する時は、タンク外に放水しながら製造装置付属の水質計が正常範囲であることを確認後、タンクに貯留する。製造装置付属の水質計が異常範囲の場合は樹脂の交換が必要である。

（２）pHメーター（ガラス電極法）

pHメーターの基本的使用方法は下記に従って行う。pHメーターによって使用する標準液や校正方法及び電極の扱い方等が異なるので、取扱説明書に従って使用する。

１）pH標準液

pHメーターの校正に使用するpH標準液は、長期間保存するとpH値が変化することがあるので長期間保存したものや大気中に開放して放置したものは使用しない。

２）pHメーターの校正

ア．使用の 20 分ほど前に本体の電源を入れる。電極開口部のゴム栓等を開ける。

イ．使用開始前に検出部を脱塩水で操り返し３回以上洗い、清浄な柔らかい紙（キムワイプなど）で余分な水気を取る。

ウ．pH７の標準液に電極部を浸し、校正を行う。

エ．電極部を取り出し脱塩水で操り返し３回以上洗い、清浄な柔らかい紙で余分な水気を取る。

オ．pH４の標準液に電極部を浸し、校正を行う。

カ．長く乾燥状態にあったガラス電極は、あらかじめ水に浸して平衡に達してから使用する（注意）。

３）測定

ア．電極部を脱塩水で繰り返し３回以上洗い、清浄な柔らかい紙で余分な水気を取る。

イ．試料液に電極部を浸し、測定値が落ち着くのを待ってpH値を測定する。多数の試料を測定する時は１）から繰り返す。

ウ．井戸水や培養液を測定する際は、pHメーターが備える自動終点機能を使わず、測定値が落ち着くまで待つ。

エ．pH値は試料液温によって異なるので、自動的に温度補正する機能を持たない機種では測定中の試料の温度変動を避ける（注意）。

オ．測定終了後は電極部を脱塩水でよく洗浄し、乾燥しないよう電極を常に脱塩水につけて保管する。

（３）電気伝導度（ＥＣメーター）

ＥＣメーターの測定方法は下記に従って行う。使用電極によっては使用前に電極の校正を必要とするものもあるので、取扱説明書に従って使用する。

１）使用の 20 分ほど前に本体の電源を入れる。

２）電極部を脱塩水で繰り返し３回以上洗い、清浄な柔らかい紙などで余分な水気を取る。

３）試料液に電極部を浸し、測定値が落ち着くのを待ってＥＣを測定する。
４）ＥＣは試料液温によって変動するので、自動的に温度補正する機能を持たない機種では温度計で試料液温を測定し取扱説明書に従い補正する。
５）測定終了後は電極部を脱塩水でよく洗浄し、電極が乾燥しないように常に脱塩水につけて保管する。

（４）土壌・作物体総合分析装置（ＳＦＰ－４ｉ）

本分析装置では炎光光度法（カリウム）と吸光光度法による測定が可能である。本装置に関する操作方法や留意事項等については後述する。

（５）小型反射式光度計（ＲＱフレックス、ＲＱフレックスプラス 10）

分析に際しての基本的な注意事項は下記のとおりである。使用方法についてはＲＱフレックス本体及びリフレクトクァント試験紙の取扱説明書に従って使用する。

１）本体

ア．試験紙の水気が多いと試験紙を挟むホルダー部に試料液がたまるので注意する。
イ．測定範囲を超えるような濃い発色試料を測定後、検出限界に近い薄い発色試料を測定するとホルダー部に残った発色液の影響を受け測定値が高くなることがあるので、ホルダー部を脱塩水で洗浄し水気をぬぐっておく。

写真 RQ ﾌﾚｯｸｽﾌﾟﾗｽ 10

２）リフレクトクァント試験紙

ア．試験紙の保存は乾燥条件の 10℃以下で行うこと。
イ．冷蔵後は試験紙の品温が室温に戻るまで直接外気にさらさないこと。
ウ．試験紙の感度低下に最も影響するのは湿度である。高湿度環境下ではケースから取り出し室温で放置しないこと。
エ．保存期限前でも長期間保存した試験紙の感度は標準液でチェックし、感度低下が認められた場合は使用しないこと。
オ．測定値は測定試料液の温度の影響を受けるので、標準液による補正を行う場合は試料液と標準液の温度を一致させること。

（６）メルコクァント試験紙

ＲＱフレックスとは異なり、試験紙を検液に浸たした後に発色程度をもとに、測定するイオン濃度を判定する。前項のリフレクトクァント試験紙の扱いに準じる。

（７）土壌水分センサー（デカゴン社製、WaterMark 社製）

従来、土壌水分張力を測る ｐＦメーターが使われてきたが、定期的に ｐＦメーター内の水を補給する必要があるために調査研究的な利用にとどまっていた。近年、取り扱いが容易な各種の土壌水分センサーが販売されるようになり、利用がすすんでいる。使用に際しては、それぞれの取扱説明書に従って使用する。

１）デカゴン社製

ア．専用ロガーと接続して使用する。土壌の誘電率を測定し、誘電率は体積含水率に比例することを利用して、土壌の体積含水率を測定する。水分だけを測定するセンサー以外に、地温や電気伝導度（EC）を同時測定するセンサーも販売されている。

イ．センサー埋め込み時に、センサーと土壌との隙間をなるべく空けないようにしつつ、センサー表面が傷つかないよう注意して設置する。

写真　デカゴン社製ｾﾝｻｰ（EC-5）

２）WaterMark 社製

ア．ロガーとして「おんどとり」と接続して使用する。「おんどとり」指示値を圧力（cbar）、土壌水分張力（ｐＦ）に読み替えることができる。

イ．初めて使用するセンサーは、水に数時間浸してセンサーの中まで浸透させた後に数時間乾燥させる。この操作を数回繰り返すことでセンサーの感度が向上する。

ウ．土壌に設置する際は、水に充分浸したあと設置する。

エ．センサーと土壌との隙間をなるべく空けないように設置する。

写真　Watermark 社製ｾﾝｻｰ（6450WD20）

（８）標準土壌による分析精度管理

土壌診断の分析精度を確保するために、分析値が明らかな標準土壌試料を一緒に分析することが望ましい。標準土壌資料は普及センターの土壌診断室には配布されている。pH、ＥＣは本手引きに記載の方法で、その他の項目は公定法により分析されているため、下記の点に留意して測定結果を比較する。

１）標準土壌試料は２㎜の篩を通した風乾土である。分析値は乾土当たりで表示してあるので、風乾土当たりに換算する時は水分補正を行う必要がある。表示してある水分は保存中に変化するため分析者による再測定が必要な場合がある。

２）本試料は分析の精度をチェックするためのものである。このため、標準土壌試料の分析値が表示の 80％であっても、未知試料の分析値に係数を掛けるような使用法をしてはならない。

３）腐植は全炭素の値に係数（1.724）を乗ずる。

６　調査分析試料の採取と調整

（１）土壌

１）用意する器材

用意すべきものとして、検土杖などの採土器やスコップ、移植ゴテのほか、土をいれるビニール、マジックペン、ものさし、デジタルカメラ等が必要である。深くまで掘る場合はブルーシートがあれば、埋め戻し時に便利である。

２）採取時期

予防診断の場合には栽培跡地、生理障害等の対策診断を行う場合には障害発生時が適当である。ただし、樹園地では断根の影響があらわれやすい時期（春先、厳寒、干ばつ時期）は避ける。生理障害が発生しているほ場だけでなく、栽培条件が同様の健全ほ場をあわせて採取することで原因究明の資となる。

３）採取方法

ア．水田・畑の場合

一枚のほ場について３～５か所の作土（必要に応じて下層土）から当量ずつ採取して十分に混合する。水田の場合、作土の厚さはロータリー等の耕起深までとすることが多い（例：作土０～13cm、下層土 13～26cm 深）。その中から、500ｇ程度をビニール袋に入れて持ち帰る。

イ．樹園地の場合

生育中庸な樹を５～６本選定し、樹冠先端から 30cm ぐらい内側の３か所程度から採取する。土壌表層に集積した厚さ５cm 未満の有機物層は移植ゴテ等でよけて上層（必要に応じて下層土）から当量ずつ採取して十分に混合する。樹園地の場合、上層の厚さは０～20cm、下層土は 20～40cm 深とすることが多い。

４）土壌試料の調整と保管

土壌中の無機態窒素量を分析する以外は、採取した土壌を風乾調整する。生土をトレーやバッドに薄く拡げて、直射日光を避けて換気のよい室内に放置する。時々、大きな塊を砕き、かくはんしながら乾燥を図る。風乾した土壌を適当な大きさの乳鉢に入れ､木製乳棒かゴム付き乳棒を用いて､石やレキを砕かぬように土塊を押しつぶし、２㎜メッシュのふるいで石やレキを篩別し、風乾土の試料とする。つぶしと篩別の操作は２～３回繰り返す。篩別した風乾細土は広口ポリエチレンびん等に保存する。容器には土壌番号、採取年月日、採取者などを記入しておく。

（２）水質

１）河川水はできるだけ最大流速部分の表面水を採取する。水田地帯の灌がい水を対象とする場合は流下過程における生活排水の混入や底泥との反応、さらには日変化などを考慮して、調査時期、調査時間を選ぶ。

２）採取容器は１～２Ｌのポリびんがよく使われる。採水時には、試料水で２～３回共洗いしてから静かに水を満たし密栓する。

３）ただちに分析する場合は０～10℃の冷暗所で保存する。数日以上、保存する場合は以下のように測定対象別に前処理を行う。

ア．鉄、重金属等

沈殿や器壁への吸着を防ぐために硝酸を加えてｐＨを１以下にして保存する。

イ．ＣＯＤ

試料採取後なるべく早く分析する。止むを得ず、試料の保存を行う場合は０～10℃の暗所で保存する。

ウ．アンモニウムイオン、有機態窒素及び全窒素

塩酸または硫酸を加えｐＨを２～３に調整し０～10℃の暗所で保存する。

エ．亜硝酸イオン、硝酸イオン

試料１Ｌにつきクロロホルム約５ml を加えて０～10℃の暗所で保存する。

オ．硫化物イオン

水酸化ナトリウム溶液(200g/Ｌ)を加えて、ｐＨを約 12 に調節して保存する。(試料１Ｌにつき水酸化ナトリウム４～６粒を加えてもよい。)

カ．リン化合物及び全リン

試料１Ｌにつきクロロホルム約５ml を加えて０～10℃の暗所で保存する。全リンのみを分析する場合には硫酸または硝酸を加えてｐＨを約２にして保存しても良い。

（３）土壌溶液の採取方法

１）土壌溶液診断は生育期間が長期にわたる作物に対する追肥の時期を判定する方法の一つである。ここでは、吸引法による採取方法を示す。

２）採取には溶液採取部（ポーラスカップ)、真空状態にした集液容器（ガラスびん等）が必要である。市販品として、図にあるミズトールや真空採血管(医療用の採血器具)を用いた簡易な装置がある。

３）土壌溶液の採取は、土中に埋めたポーラスカップに減圧したガラスびんか注射器を接続して行う。ポーラスカップの埋設位置は調査の目的により異なる。一例をあげると、養液土耕栽培では、かん水チューブから５cm 程度離れた、深さ 10～20cm の位置で土壌溶液を採取する場合が多い。

土壌溶液中の肥料成分は、採取場所によるばらつきが大きいので、少なくとも３か所以上から採取し、結果はその平均値を用いる必要がある。また、土壌水分による分析結果のばらつきも大きいので、かん水後に一定時間が経過した後採取する。

図３－６－１　土壌溶液の採取器具

（４）作物体

生産現場において生育不良や生理障害など問題が発生した際に、作物体の診断を行う必要がある。近年、この解決を促進する簡易診断法を岡山県農林水産総合センターが開発した。具体的には、蛍光Ｘ線分析装置を用いた多元素同時簡易診断であり、乾燥粉砕試料が３ｇ程度あれば 10 元素（Mg，Ｐ，Ｋ，Ca，Ｓ，Mn，Zn，Fe，Cl，Cu）について１サンプルあたり 15 分程度で簡易診断できる。効果的な診断を行う際の注意点についてまとめる。

１）問題発生ほ場の状況整理と記録

耕種概要や肥培管理等について聞き取りを行った上で、「生理障害問診票」に必要な事項を記入する。

２）試料の採取

診断試料は問題が発生した個体（樹・株・枝・葉など）だけでなく、栽培条件等を同じくする健全個体を採取し、比較できるようにすることが大変重要である。また、枝や葉の採取にあたっては、枝の位置や葉位を揃える必要がある。

３）試料の必要量

作物の種類によって異なるものの生葉中の水分は 80～95％であるため、乾燥粉砕物として３ｇ程度確保するためには生葉を 15～60ｇ程度採取する必要がある。ただし、この採取量はあくまでも目安であり、採取する個体数が少ない場合に測定誤差が大きくなるので、可能な限り採取する個体数を多くすることが望ましい。

（５）堆肥

堆肥センターや畜産農家によって堆積規模は様々であり、堆積規模や堆肥の均一性に応じて採取点数を増減する必要がある。その例を表３－６－１に示すが、あくまでも目安であり均質な試料の採取ができるようにする。堆肥の採取にあたっては、切り返し後に採取するか、堆積物全体をよく切り返し混和して採取する。

特に、堆積期間が３か月未満と短く、水蒸気を発生するなど発酵温度が高い場合、堆積している堆肥の表面、表面から 10～30cm、その下層とでは性状が異なるため、層位別に採取するか全体をよく混和する必要がある。

表３－６－１　採取点数の目安

堆積規模	採取点数
１m^3未満	４～６点
１～２m^3	５～８点
２～５m^3	６～10 点
５～10m^3	８～15 点
10m^3以上	８～20 点

7　土壌化学性の分析

（１）土壌ｐＨの測定

土壌に脱塩水を加えて測定する pHは、土壌溶液の pHと近似した値を示すことから作物体生育との関係を知る指標となる。

１）分析試料

風乾土または生土を供する。生土の場合はなるべく採取後速やかに測定することが望ましい。

２）測定方法

ア．風乾土の 20ｇを 100ml 容ポリビーカーに取り、脱塩水 50ml を加え、ガラス棒でかくはんして１時間以上放置する。

イ．測定前に軽くかき混ぜて懸濁状態としｐＨメーターで測定する。

ウ．測定値は小数点以下２桁まで表示する。

エ．測定後は脱塩水で電極をよく洗浄し、電極が乾燥しないようにして保存する。

３）注意事項

ア．土壌と脱塩水との比率は必ず１：2.5 にする。

イ．生土の場合、よく混合して礫をできる限り取り除くこと。また、添加する水量から土壌の水分相当量を差し引くこと。

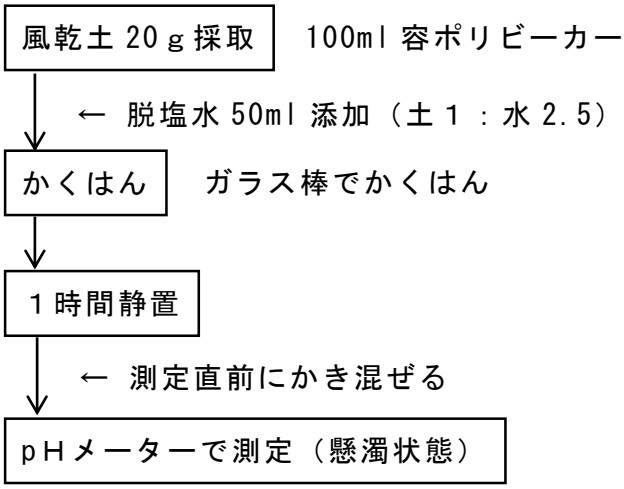
ウ．還元状態にある土壌では乾燥するとｐＨ値が低下するので、採取後直ちに測定する。

エ．粘土質の生土を供する場合、振とう機を使用し、30 分以上振とうしてかくはんすることが望ましい。

オ．懸濁液中塩類濃度が低いと安定した測定値が得られないので分析には注意を要する。施肥等にともなう土壌の水溶性塩基類含量の増減により変動する。

カ．上記方法により準備した土壌懸濁液を携帯型土壌ｐＨメーターで測定することもできる。

４）ｐＨ測定のフローチャート



（２）電気伝導度（ＥＣ）の測定　（１：５水浸出法）

土壌中水溶性塩基類の総量を表す指標として、土壌の水浸出液の電気伝導度（ＥＣ）を測定する。

１）分析試料

原則として生土を用い、採取後速やかに測定する。

２）測定方法

ア．生土又は風乾土の乾土 20ｇ相当量を 100ml 容ポリビーカーに取り、脱塩水 100ml を加え、ガラス棒でかくはんして１時間以上放置する。

イ．測定値は小数点以下２桁まで表示する。

エ．測定後は脱塩水で電極をよく洗浄し、電極が乾燥しないようにして保存する。

３）注意事項

ア．土壌と脱塩水との比率は必ず１：５（有機質土壌の場合１：10）にする。

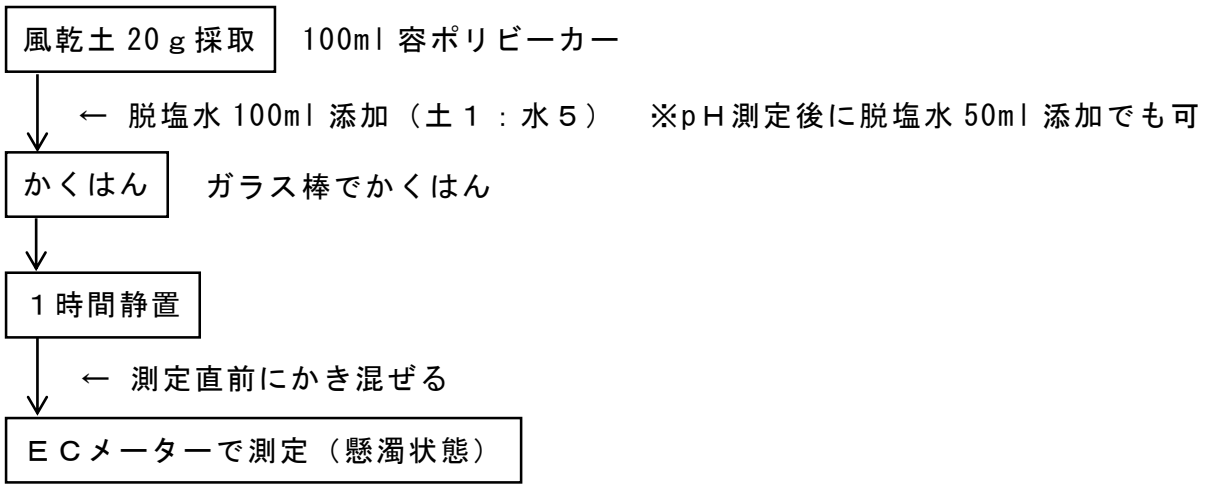
イ．生土の場合、よく混合して礫をできる限り取り除くこと。また、正確に測定するためには添加する水量から土壌の水分相当量を差し引く必要がある。

ウ．検液の温度により測定値は変化するため、測定機器の温度補正機能を用いて 25 ℃補正値で示す。

エ．数ヶ月に一度程度、標準溶液を用いて機器の動作確認を行うこと。
※標準溶液：0.01M塩化カリ溶液（KCl 0.7456ｇ/Ｌ）のＥＣは 1.412dS/m

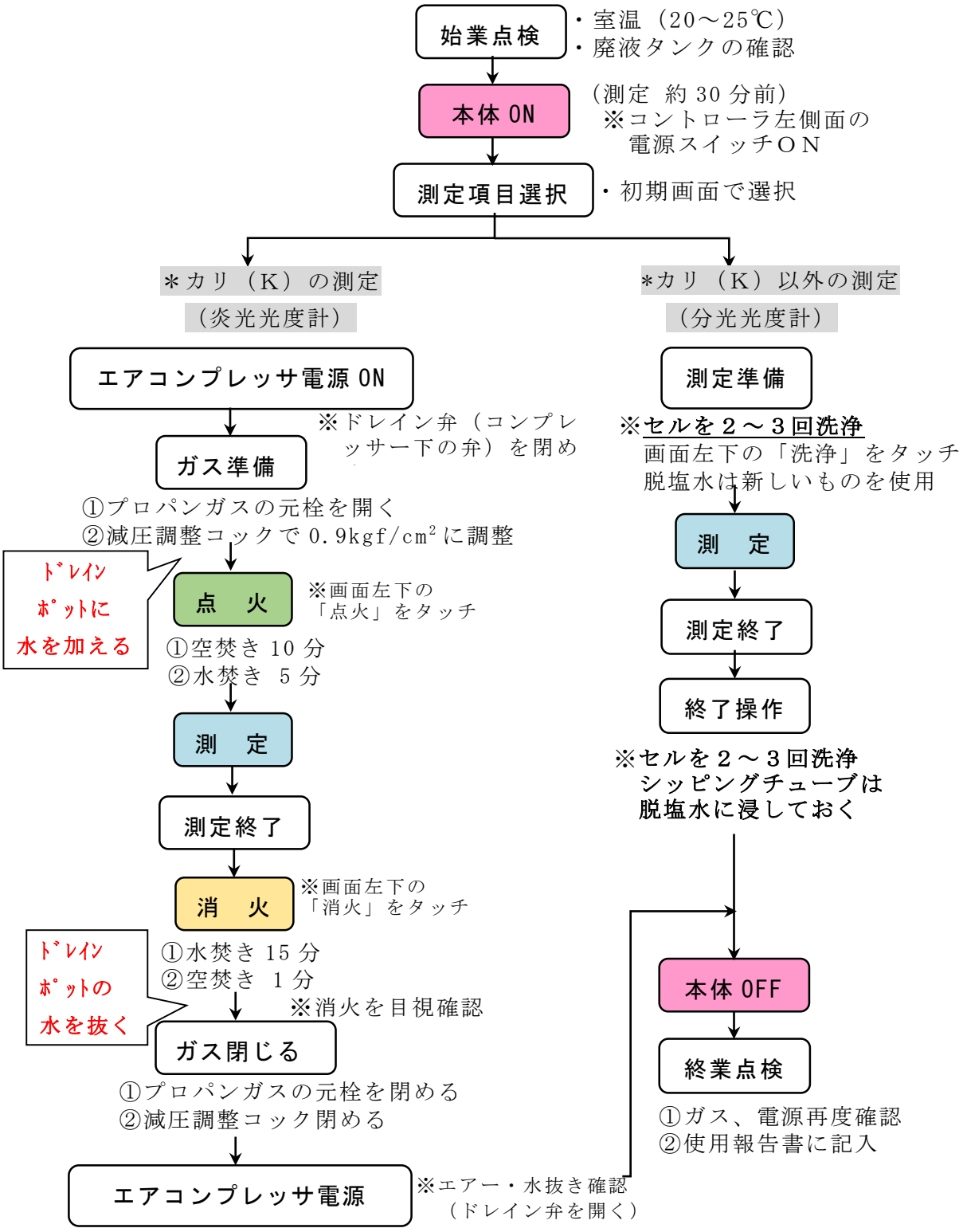
オ．測定値は一般に dS/m で示されることが多い。機器によって表示単位が異なる場合があるので注意する（dS/m ＝ mS/cm）。

４）ＥＣ測定のフローチャート



（４）土壌分析装置（SFP-4i）に係る操作フローと留意点

１）基本的な測定操作の流れ



２）各分析項目別の測定操作

次頁以降に富士平工業株式会社「土壌・作物体総合分析装置　ＳＦＰ－４ｉ」操作マニュアルを引用するので、これらを参照すること

３）その他注意すること

ア．サンプル液の吸引

空気や気泡を吸引させないでください。

イ．フローセル（分光光度計）の洗浄

・測定前後は、必ず２～３回以上洗浄してください。

（セル内部が汚れると正しい測定値が得られない)。

・使用後、シッピングチューブは純水（脱塩水）に浸し、セル内部を常に純粋（脱塩水）で満たしてください。

（乾燥すると汚れが固着する）

ウ．バーナー（炎光光度計）の洗浄、乾燥

・測定後は、必ず水焚きを行ってください。

（汚れをよく落としておかないとバーナーが詰まってしまう）

・水焚き後は、必ず空焚きを行い、よく乾燥させてください。

（バーナーが濡れたまま消火すると、バーナーに錆びがつく原因となる）

エ．廃液処理

※シアン廃液（アンモニア、CEC 測定廃液）については別途特管廃液タンクへ分別してください。

オ．試薬の汚染防止

液体試薬を分注するときは、試薬ビンに直接ピペットを挿入せず、ビーカーなどに適当量取り分けて、採取してください。また、取り分けた試薬が残った場合は、試薬ビンに戻さず、必ず処分してください。

カ．希釈分析（詳しくは各測定項目の分析マニュアルを参照）

カリ（K_2O)、苦土（MgO)、石灰（CaO）は抽出試薬で希釈してください。

キ．洗浄に使う純水（脱塩水）は常に清浄なものを使ってください。

◎分析値が明らかな標準土壌試料を一緒に分析して分析管理してください。

（５）土壌分析装置（SFP-4i）による測定マニュアル

１）交換性加里K_2O（1:20）

２）交換性石灰CaO（1:20）

３）交換性苦土MgO（1:20）

４）トルオグ法リン酸Tr-P_2O_5（低濃度）

５）トルオグ法リン酸Tr-P_2O_5（高濃度）

６）陽イオン交換容量CEC（前処理操作）

７）陽イオン交換容量CEC（1:20）

８）リン酸吸収係数P-abc

９）腐植Humus

10）アンモニア態窒素NH_4-N

11）硝酸態窒素NO_3-N

12）遊離酸化鉄Fe_2O_3

13）交換性マンガンEx-Mn

14）畑土壌可給態窒素AV-N

15）畑土壌可給態窒素AV-N（抽出法）

16）湛水保温静置法ケイ酸WS-SiO_2

17）水田土壌可給態窒素AV-N

※ 測定マニュアルについては「富士平工業株式会社　土壌・作物体総合分析装置ＳＦＰ－４ｉより」引用した。

８　土壌物理性の測定

（１）土壌硬度（ち密度）の測定法（山中式土壌硬度計）

土壌の断面調査において土層の土壌の詰まりかた（粗密の程度）を示す指標として用いる土壌硬度（ち密度）の測定には、一般に山中式硬度計を用いる。野外での土壌調査項目の一つであり、植物根の伸長の難易や透水性・通気性の程度、農業機械の走行性に影響を及ぼす地耐力（土壌の支持力）の判定などの参考となる。ちなみに、土壌硬度が指標硬度の読みで 20～25 mm を超えると、根の伸長阻害や透水性不良が起こりやすくなり、また 10 mm 以下であると機械の走行には軟弱とされる。

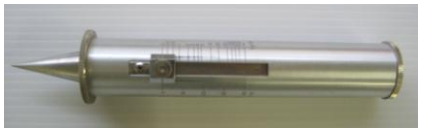


写真　山中式硬度計

１）測定方法

土壌断面調査において土壌硬度計を用いた土壌硬度の測定は、以下の手順に従う。

ア．土壌の断面を削り垂直かつ平滑にする。

イ．遊動指標が０の位置になっていることを確認する。

ウ．硬度計の円すい部を土壌断面に対して垂直にゆっくりと、つばが土壌面に密着するまで確実に押し込む。この時、胴体側面の遊動指標がスライドする溝に土壌が入らないように溝のある面を側方に向ける。

エ．遊動指標が動かないように静かに円すい部を引き抜く。

オ．円すい部に付着した土壌を取り除き、遊動指標を０の位置に戻して次の測定を行う。測定は同一層位に対して数回行い、その平均値を土壌硬度として採用する。

２）注意事項

水分状態により土壌硬度は変化する点に留意する。

（２）土壌貫入抵抗の測定法（貫入式土壌硬度計：コーンペネトロメーター）

貫入抵抗は土壌中に円すいなどの貫入体を貫入する際に要する力である。山中式土壌硬度計が、土壌の硬さに応じて円すいの一部を土壌中に貫入する方法であるのに対して、貫入式土壌硬度計は、貫入体である円すいを土壌中に連続して貫入する方法である。貫入式土壌硬度計は、試坑を掘らずに機械の走行性に関連する地耐力のほか、作物根の伸長に対する土壌硬度の可否判定や耕盤層の確認にも利用できる。

写真　貫入式硬度計

１）装置

自動記録式の貫入式土壌硬度計は、通常深さ 60cm まで貫入抵抗の測定ができ、測定範囲は 150～2,500kPa である。ロッドの継ぎ足しとドラムを調整により深さ 90cm まで測定が可能である。

２）操作方法

ア．ドラムに記録紙をとり付ける。

イ．地面に対しロッドを垂直にし、おもりをロッドの先端（地表面）まで降ろす。

ウ．ペンの先端が記録紙の０点を指すようにする。

エ．円すいを毎秒１cm のほぼ一定の速度で垂直に貫入する。ドラムの回転とバネの伸

縮によって、貫入抵抗値が連続的に記録される。

オ．目的の深さまで貫入したら記録ペンを横に倒し、静かにロッドを抜き取る。

カ．ロッドや定位置おもりに付着した土壌・土砂をふき取り、ペンの色を変えて測定を反復する。

３）注意事項

ア．土壌が非常に湿潤な場合を除くと、貫入速度の多少の変動は貫入抵抗－深さ曲線に大きく影響しない。

イ．測定時にロッドが垂直でなかったり、ロッドに土壌・土砂が付着したりして貫入孔側壁とロッドが接触すると貫入抵抗は増加する。

ウ．測定結果の表示には必ず円すいの底面積と頂角を記載する。

エ．貫入式土壌硬度計の測定値を山中式土壌硬度計による指標硬度に読み替えるには、両者の関係を多数の測定値から経験的に求めるしかない。

○表層腐植質黒ボク土における事例では、概ね貫入抵抗 1,500kPa が山中式指標硬度 20～21mm に相当している。

○河成、海成沖積土水田における調査事例では、

Ｙ（山中式指標硬度 mm）＝－18.4＋11.9LogX（貫入抵抗 kPa）がある。